



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**IMPORTANCIA CIENTÍFICA DE LAS OXIFOTOBACTERIAS  
DEL GÉNERO *Nostoc sp.*: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO  
FARMACÉUTICO**

**AUTORES:**

Bach. CONDOR CHAGUA, CINTHIA YHOSHILI

<https://orcid.org/0000-0002-5379-732X>

Bach. FELICIANO TORRES, LESLY PAMELA

<https://orcid.org/0000-0002-3484-0679>

**ASESOR:**

MSc. VELARDE APAZA, LESLIE DIANA

<https://orcid.org/0000-0001-6031-6355>

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada a Dios y a nuestros padres que nos han apoyado a lo largo de nuestras vidas, por habernos forjado los valores que tenemos, también a las personas que nos brindaron su apoyo y gracias a eso logremos cumplir con nuestros objetivos.

## ÍNDICE GENERAL

CARATULA.....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	iv
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	vi
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
III. RESULTADOS .....	9
IV. DISCUSIÓN .....	23
CONCLUSIONES .....	28
RECOMENDACIONES .....	30
ANEXOS.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE CARACTERÍSTICAS ETNOBOTANICAS DE <i>Nostoc sp.</i> .....	9
<b>TABLA 2.</b> BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE <i>Nostoc sp.</i> .....	12
<b>TABLA 3.</b> BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE ACTIVIDAD FARMACOLÓGICA DE <i>Nostoc sp.</i> .....	12
<b>TABLA 4.</b> BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE ACTIVIDAD TOXICOLÓGICA DE <i>Nostoc sp.</i> .....	20

## RESUMEN

**Antecedentes:** *Nostoc sp.* es un alga que se encuentra en los lagos o ríos de diversas localidades. Esta presenta compuestos químicos con múltiples actividades farmacológicas, en la cual, posee gran valor nutricional en diferentes partes del mundo.

**Objetivo:** Realizar una revisión sistemática de la importancia científica de la Oxifotobacteria *Nostoc sp.*

**Materiales y métodos:** Se recolectaron investigaciones referentes a esta especie, provenientes de la base de datos, ScienceDirect, Scielo, Core y PubMed, búsqueda realizada con términos *Nostoc sp.* en base a características etnobotánicas, composición fitoquímica, actividad farmacológica y actividad toxicológica.

**Resultados:** Tras la ardua indagación realizada con el término *Nostoc sp.* para características etnobotánicas se logró encontrar diecisiete artículos enfocados a diversos usos culinarios que se le brinda. También diecisiete artículos se evidenciaron en base a su composición fitoquímica, en la cual, permitió identificar compuestos como Nostoflan, compuesto capaz de actuar como antiviral. Mientras que veinte fueron los artículos encontrados para la actividad farmacológica como; antimicrobianos, anti-ulcerosos, antiinflamatorios y hasta reductores del envejecimiento. Por último, solo ocho artículos demostraron actividad toxicológica provenientes de aguas contaminadas.

**Conclusiones:** Esta revisión sistemática se ha basado en sesenta y dos artículos en base a las variables de investigación, donde indica el uso que se le da a cushuro en diferentes poblaciones. Desde actividades medicinales y lo nocivo que puede ser; por ende, se insita a realizar más estudios detallados de esta especie porque presenta muchas bondades y son fácilmente adaptables.

**Palabras clave:** *Nostoc sp.*, características etnobotánicas, composición fitoquímica, actividad farmacológica y actividad toxicológica.

## ABSTRACT

**Background:** *Nostoc* sp. is an algae found in the lakes or rivers of various locations. It presents chemical compounds with multiple pharmacological activities, in which it has great nutritional value in different parts of the world.

**Objective:** Carry out a systematic review of the scientific importance of the Oxyphotobacterium *Nostoc* sp.

**Materials and methods:** Research related to this species was collected, from the database, ScienceDirect, Scielo, Core and PubMed, search carried out with terms *Nostoc* sp. based on ethnobotanical characteristics, phytochemical composition, pharmacological activity and toxicological activity.

**Results:** After the arduous investigation made with the term *Nostoc* sp. for ethnobotanical characteristics, seventeen articles focused on various culinary uses offered to it were found. Seventeen articles were also evidenced based on its phytochemical composition, in which it allowed to identify compounds such as Nostoflan a compound capable of acting as an antiviral. While twenty were the items found for pharmacological activity such as; antimicrobials, antiulcers, anti-inflammatory and even aging reducers. Finally, only eight articles demonstrated toxicological activity from contaminated water.

**Conclusions:** This systematic review has been based on sixty-two articles based on research variables, where it indicates the use given to *Nostoc* sp. in different populations. From medicinal activities and how harmful it can be, therefore, it is encouraged to carry out more detailed studies of this species because it has many benefits and are easily adaptable.

**Keywords:** *Nostoc* sp., ethnobotanical characteristics, phytochemical composition, pharmacological activity and toxicological activity.

## I. INTRODUCCIÓN

El constante desorden climático a nivel mundial ha generado a lo largo del tiempo grandes cambios de temperatura, lo cual, ha venido afectando en la precipitación de los suelos. Ya que, en muchas ocasiones, tales cambios han generado graves consecuencias en los cultivos causando riesgos en la seguridad alimenticia de los pobladores. Esta situación ha conllevado a que la población tienda a suplantar alternativas de cultivo, con especies fácilmente adaptables y resistentes, como, por ejemplo; la Cordillera Andina de Bolivia que cuenta con uno de los recursos manejables de las cianobacterias *Nostoc sp*, caracterizadas por colonias macroscópicas con una propiedad de crecer sueltas y en aledaños a los ríos (1).

Del mismo modo estas oxiphotobacterias en épocas pre-colombinas' resaltaba como una sustancia complementaria en la dieta de las comunidades andinas. A razón de que eran empleados desde tiempos del imperio incaico como para fortalecer sus dentaduras y huesos (2).

En la localidad de Tacna-Perú y Arica e Iquique-Chile las cianobacterias *Nostoc sp* eran cosechadas y secadas por el sol, para ser comercializados en los mercados cercanos, caracterizándose por el color verde oscuro, por el múltiple compuesto de clorofila y el aporte de escitonemina una sustancia protectora a la luz ultravioleta.

Por ende, estudios científicos evidencian que es rica en aminoácidos, lípidos, vitaminas (A, D, E), polisacáridos hidrosolubles y fibra dietética que facilitan procesos digestivos y minimizan riesgos de sufrir diabetes, hipertensión y enfermedades cardíacas (3).

Además, en el ámbito medicinal *Nostoc sp*, presenta la cualidad de inhibir la formación de colesterol, por su característico componente de la nostocarbolina. A esto se le suma la propiedad de ser regenerador de  $Ca^{+2}$  del sistema óseo, razón por la cual, no es común la osteoporosis en zonas rurales (4).

Por otro lado, los constantes seguimientos y evaluaciones de riesgos en las lagunas de la comunidad de Concepción de Chile han logrado detectar, una intensa

propagación de cianobacterias tóxicas en los alrededores de sus lagos, con presencia de microcistinas; sustancias nocivas para los pobladores en la cual podría causarles; problemas gastrointestinales, irritación o reacciones alérgicas. Ello evidencia el peligro al que están expuestos. Puesto que usan el lago como medio recreacional o doméstico (5).

Actualmente, esta especie resulta una alternativa loable dentro de la dieta de la población, ya que, hoy en día nos encontramos atravesando por una grave crisis económica a raíz de la pandemia con la que estamos contrarrestando, una situación que ha traído graves consecuencias de desnutrición, que principalmente se viene evidenciando en los niños. Por ende, el uso de *Nostoc sp* podría mejorar esta problemática (1).

Sin embargo, la variedad de información incongruente, la escasa organización y poca estructuración en base a los usos que se le brinda, por lo rico en compuestos químicos presentes que son y la diversidad de dolencias con las que se puede combatir y hacer hincapié en lo nocivo que puede llegar a ser, está conllevando al planteamiento de este proyecto como futura perspectiva de aplicación y fácil conservación de nuestra biodiversidad.

Las especies de *Nostoc sp.* pertenecen a la familia Nostocaceae en el orden Nostocales, estas son cianobacterias fijadoras de nitrógeno que están distribuidas ampliamente en zonas iluminadas de la biosfera, como aguas dulces, zonas tropicales, templados y polares y rara vez en hábitats marinos (6).

Estas son micro o macroscópicas y a menudo crecen como una colonia de filamentos gelatinosa ya sea en hábitats terrestres o acuáticos, formando capas mucilaginosas en el suelo (7). Sus colonias desarrollan variedad de formas, texturas, tamaños y olores característicos; estas tienen forma de esferas, costras o discoides, también presentan una gama de colores desde amarillo verdoso a marrón o de verde oscuro a negro (8).

Las diferentes especies son ricas en aminoácidos, lípidos, ácidos grasos poliinsaturados, vitamina E, oxazoles, polifenoles, calcio, hierro y fósforo (9). Estas son



las que le confieren las propiedades para diversas patologías, por ejemplo, Las criptoficinas que se aíslan de *Nostoc sp* son potentes agentes contra el cáncer, de colon y pulmón. En el Perú se usa como alimento para combatir la anemia ferropénica; algunas tienen actividad anti-fúngica, antiviral y antibacteriana comprobada, también los pobladores lo usan como fertilizante para los suelos (10).

Las evaluaciones de seguridad realizadas in vivo e in vitro para *Nostoc flajelliforme* y *Nostoc commune* no han mostrado efectos adversos, asimismo se ha demostrado que *N. commune* usado como alimento en el altiplano peruano, produce un aminoácido neurotóxico BMA; *N. insulare* produce metabolitos citotóxicos y *N. spongiforme* produce el compuesto tóxico nostocina A; también el resultado de los cromatogramas iónicos indica presencia de compuestos peptídicos diferentes (anabaenopeptina, criptoficina y nostociclopéptidos), estos indican que no todas las especies *Nostoc* son seguras para el uso humano (11).

Se efectuaron diversos estudios de *Nostoc sp.* con fines informativos, por ejemplo; Leiva C, *et al.* 2018, evaluó la preferencia de *Nostoc sphaericum* por medio de comidas saladas y dulces en universitarios de la localidad de Ancash y Junín. deshidratándolos, para incluirlas en preparaciones, de piñón, chupe, empanada y api con cushuro. Que fue degustado por 5 nutricionistas, 1 chef y universitarios. Siendo aceptadas en un 74% y la empanada como preferida (12). También, Sosa C. 2021, determinó la calidad nutricional y aceptabilidad de *Nostoc sphaericum* por una deshidratación osmótica y evaluaciones de color, olor, sabor. evidenciándose 20.33g proteína, 5g grasas, 1581mg Ca<sup>+2</sup>, 121mg hierro y una aceptabilidad del 50% (13). Por otro lado, Tafur I, *et al.* 2019, elaboró gomitas funcionales de cushuro (*Nostoc commune*) enriquecida con aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) y spirulina (*Arthrospira platensis*) con sabor a frutas, por métodos de análisis AOAC, aceptabilidad, prueba de hipótesis. Obteniendo la calificación me gusta mucho 83,3% con una ración de 30g de gomitas que abastece el requerimiento diario del estudiante con proteína; grasas; hierro y energía de 6,24% (14). Sin embargo, Uhliaríková I, *et al.* 2020, realizó una investigación sobre características estructurales y efectos biológicos del exopolisacárido producido por *Nostoc sp.*, mostró que diferentes dosis administradas por vía oral en cobayos disminuyeron significativa en el esfuerzo al toser, así como en

la reactividad de vías respiratorias, mostrando actividad antitusígena (15). Así mismo, Galetovis A, *et al.* 2017, indicó que el estudio realizado de la composición bioquímica y tóxica de la colonia *Nostoc sp.* mostró que contenía un 2% de lípidos, 32% de ácidos grasos eran poliinsaturados, Vit. E 4,3%, polifenoles 64mg (ácido gálico), actividad antioxidante 17,4 $\mu$ moles (troxol), fibra 56% del total, arsénico 9,2  $\pm$  5,4 ppm y no produce microcistina (9). De igual manera Yasin D, *et al.* 2019, señaló que el estudio de diferentes extractos orgánicos de la cianobacterias *Nostoc muscorum* NCCU-442, con el ensayo MTT para determinar la actividad antiproliferativa contra el cáncer de cuello uterino, se encontró que el extracto de CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> posee contenido fenólico, con alto efecto antioxidante. Mostrando actividad antiproliferativa cancerosa (16).

Esta investigación está justificado teóricamente debido a la revisión sistemática de *Nostoc sp.* que se está realizando, bajo la finalidad que poder actualizar y recopilar la información dispersa que se encuentra sobre esta. De una forma práctica, los nuevos hallazgos que ayudarían y facilitarían a los investigadores a tener una información más ordenada sobre esta especie, debido a su actual importancia en la salud.

Por último, a nivel metodológico este proyecto será realizado teniendo en cuenta las orientaciones teórico metodológicas y el método científico para terminarlo de manera exitosa.

El objetivo de este trabajo de investigación es realizar una revisión sistemática de la Importancia científica de la Oxiphotobacteria *Nostoc sp.*

## II. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.1. Enfoque y diseño de la investigación.

El presente trabajo posee un enfoque cualitativo debido a que la recolección de datos se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica. El diseño metodológico es no experimental, descriptivo y analítico, porque no implica la manipulación de la variable, sino que la analiza en su medio natural.

### 2.2. Población, muestra y muestreo.

Se emprenderá una revisión crítica de carácter narrativa, por ser una investigación científica en la que la unidad de análisis son los estudios originales primarios que aplican sobre el género *Nostoc sp.* y sus actividades farmacológicas, toxicológicas, así como su etnobotánica. Esta revisión será del tipo cualitativo, donde se expondrá la evidencia en forma “descriptiva” y sus respectivos análisis estadísticos, sin meta análisis.

Todos los criterios que se utilizaron para llevar a cabo la revisión sistemática fueron:

Criterios de selección	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Tipos de estudio	Estudios originales descriptivos y experimentales.	Artículos de opinión y comunicaciones científicas.
Intervención	Estudios etnobotánicas, bioquímicos, toxicológicos y farmacológicos de <i>Nostoc sp.</i>	Otros estudios relacionados a la especie <i>Nostoc sp.</i>
Acceso	Que el acceso al documento digital sea completo o a través de bibliotecas de universidades.	Que no se pueda tener acceso al documento en formato digital completo o por bibliotecas.

Población	<i>Nostoc sp.</i>	Plantas de otra especie
Periodo temporal	De enero del 1980 hasta diciembre del 2021	Estudios publicados antes de enero del 1980
Idioma de publicación	Inglés, español y portugués.	Idiomas diferentes a los mencionados.
Bases de datos	PubMed, Core, Scielo y ScienceDirect.	Cualquier otra base de datos que no esté relacionada a la temática.

### 2.3. Variables de investigación.

Dentro de la revisión sistemática se consideraron las siguientes variables:

Etnobotánica del género *Nostoc sp.*

Definición conceptual: Conexión del hombre con la especie. La función o rol que cumplen la especie en la vida de los hombres, siendo estas usadas con fines alimenticios, místicos o terapéuticos.

Definición operacional: Interpretado por los usos que manifiestan los diferentes artículos de investigación considerados.

Composición bioquímica del género *Nostoc sp.*

Definición conceptual: Todas las sustancias presentes en la especie, considerando también las cantidades que se encuentran dispuestas.

Definición operacional: Determinado por diversos artículos que presentan información sobre su composición fitoquímica.

Actividad farmacológica del género *Nostoc sp.*

Definición conceptual: Descrito como efectos beneficiosos destinados para tratar múltiples patologías en el organismo vivo.

Definición operacional: Explicado a través de la información de la actividad terapéutica que presenta la especie en las diferentes investigaciones consideradas.

Actividad toxicológica del género *Nostoc sp.*

Definición conceptual: Es la capacidad de producir efectos perjudiciales sobre los seres vivos, sistemas biológicos, órganos, tejidos, células.

Definición operacional: Representado por el daño de la ingestión que provoca síntomas digestivos de intoxicación, dolencias y trastornos en las diferentes investigaciones consideradas.

#### **2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos**

**Técnica de recolección de datos:** La técnica que se utilizó durante la recolección de datos fue la revisión crítica de artículos científicos primarios.

**Instrumentos de recolección de datos:** Algoritmo de búsqueda de información (Ver anexo B)

#### **2.5. Plan de recolección de datos.**

La revisión se abordó siguiendo el siguiente proceso:

1. Planteamiento de la pregunta de revisión: Se planteó las preguntas específicas de acuerdo con cada variable definida.
2. Criterios de inclusión y exclusión: A partir de cada variable se establecieron los criterios de exclusión e inclusión según el análisis PICO antes mencionados.
3. Búsqueda de la literatura.

Se realizó una búsqueda de la literatura científica publicada en los últimos 41 años, consultadas en las bases de datos mencionadas en los criterios de inclusión, también se consideraron para la búsqueda otros sistemas de información como repositorios de tesis de universidades, revistas científicas, bibliotecas de universidades públicas y privadas, usando palabras claves como: "actividad farmacológica", "composición bioquímica", "*Nostoc sp.*", "actividad terapéutica", "toxicidad" y "etnobotánica".

#### 4. Evaluación de la calidad, heterogeneidad y síntesis de la información.

Una vez seleccionados los estudios se procedió de la siguiente manera:

- (i) Se extrajeron los datos necesarios e importantes para realizar un resumen de los estudios incluidos.
- (ii) Se evaluó la orientación de cada investigación con la finalidad de identificar la calidad de la evidencia que dispone.
- (iii) Se construyó la tabla y se redactó la evidencia de forma sintetizada.

#### 5. Interpretación de los resultados

Se discutió los resultados encontrados como: Compuestos y cantidades que presenta la especie, el uso que se atribuye, la actividad farmacológica que posee y actividad toxicológica. Por otro lado, las conclusiones se relacionaron con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones no respaldadas por los datos encontrados.

#### **2.6. Métodos de análisis estadístico.**

No aplica.

#### **2.7. Aspectos éticos.**

No aplica.

### III. RESULTADOS

En la búsqueda realizada en las bases de datos ScienceDirect, Scielo, Core y PubMed con el término *Nostoc sp.*, se encontró diecisiete artículos para características etnobotánicas, diecisiete para composición bioquímica, veinte artículos con características de actividades farmacológicas y ocho artículos de actividades toxicológicas.

**TABLA 1.** BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE CARACTERÍSTICAS ETNOBOTANICAS DE *Nostoc sp.*

N°	Procedencia	Especie	Nombre común	Uso atribuido	Forma de preparación	Referencias
01	China	<i>N. flagelliforme</i>	Facai (cabello vegetal)	Alimento	Manjar, sopa	(17)
02	Japón	<i>N. commune</i>	Ishi-kurage	Aglutinante de masa	N/D	(18)
03	Asia	<i>N. verrucosum</i>	Mantequilla de troll, mantequilla de bruja	Alimento	Mermelada	(19)
04	Chile	<i>Nostoc sp.</i>	Chungullo, chungulle, yoyo, luche	Alimento	Caldo con papas chuño	(20)
05	Perú	<i>N. sphaericum</i> <i>N. commune</i> <i>N. verrucosum</i> <i>N. parmelooides</i>	Llayta, chunuqhulu, quchayu, murmunta, cushuro, llullucha	Alimento (fresco y deshidratado) Medicina Costetico Ritual	Sopas, postres, bebidas	(21)
	México	<i>Nostoc sp.</i>	Yamuxil balmilal (señal de la tierra)	Alivio de quemaduras e hinchazones	Emplasto	

N°	Procedencia	Especie	Nombre común	Uso atribuido	Forma de preparación	Referencias
06	Perú	<i>N. sphaericum</i>	Cushuro	Medicinal (refuerzos de huesos y dientes)	N.D	(22)
		<i>N. commune</i>	Llayta, llullucha, murmunta, crespito, yrurupa	Alimento	Platos rurales: picantes, chupe, locro, mazamorra. Postres, ensaladas	
	China	<i>N. flagelliforme</i>	Algas de pelo	Alimento (espesante)	Masa gelatinosa Sopas, fritos, salteados	(22)
07	Bolivia	<i>Nostoc spp.</i>	Llulluch'a	Alimento	Sopa, laguas de harina de maíz y trigo, ensaladas.	(23)
				Medicinal	Problemas de estreñimiento, dolor e hinchazón de diente, antipirético.	
08	Ecuador	<i>Nostoc sp.</i>	N.D	Biofertilizante	Cultivo	(24)
09	Perú	<i>N. commune</i>	N.D	Alimento Comercialización	Ensaladas	(25)
10	Perú	<i>N. commune</i>	Cushuro, murmunta, llullusha.	Alimento proteico para cuyes	Alga deshidratada (harina)	(26)
11	Perú	<i>N. pruniforme</i>	Cushuro, llulluccha	Alimento	Ensalada, tortilla, sopa, chupe,	(27)
		<i>N. sphaericum</i>		Anemia Hipoglucemiante, antioxidante	ensalada de frutas, gelatina de cushuro. Bebida (Muskhiv Bubble Tea)	



<b>N°</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Uso atribuido</b>	<b>Forma de preparación</b>	<b>Referencias</b>
12	Chile	<i>Nostoc sp.</i>	Cushuro, murmunta, llulucha, llayta	-Alimento -Medicinal: Inhibir la formación del colesterol, regeneración de huesos, antitumoral y anticancerígeno, flujos menstruales excesivos -Fertilizante natural	-Sopas y platos de fondo -Infusión - El alga es inoculada en los suelos	(2)
13	China	<i>Nostoc sp.</i>	N.D	Alimento durante la hambruna	N.D	(28)
14	Chile	<i>Nostoc sp.</i>	Llayta, chuncuro	Aditivo alimentario	Picante	(29)
15	Perú	<i>N. commune</i>	Llullucha, murmunta	-Alimento -Medicinal: dolor de estómago, hígado y riñones -Sustituye el calcio de la leche en los niños	-Picante, ensalada, sopa -Emplasto envuelto en un paño alrededor de la cintura por la noche, infusión	(30)
16	España	<i>N. sphaericum</i>	Matafoc (asesino de fuego)	-Antipirético -Quemaduras	-Uso directo, tópico - Emplasto, externamente	(31)

17	Hungría	<i>N. piscinale</i>	N.D	Crecimiento y rendimiento de grano y la tolerancia al estrés cultivo de maíz	Tratamiento foliar único	(32)
----	---------	---------------------	-----	--	--------------------------	------

En la tabla 1, se presenta la base de extracción de datos para artículos de investigación relacionados a características etnobotánicas, donde se incluyen algunos datos referentes a la procedencia del artículo, especie, nombre común con que se le conoce, uso atribuido, forma de preparación y los autores.

NOTA: Los datos en negro son aquellos que estaban directamente presentados en el texto o tablas del estudio. Los datos en el texto publicado N.D: no disponible y no calculable por los autores.

**TABLA 2. BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE *Nostoc sp.***

En la tabla 2, se presenta la base de extracción de datos para artículos de investigación relacionados a la composición bioquímica, donde se incluyen datos referentes a la procedencia del artículo, diseño de investigación, método de estudio o matriz empleado en la realización del trabajo y los componentes químicos presentes en cada estudio.

NOTA: Los datos en negro son aquellos que estaban directamente presentados en el texto o tablas del estudio. Los datos en el texto publicado N.D: no disponible y no calculable por los autores.

**TABLA 3. BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE ACTIVIDAD FARMACOLÓGICA DE *Nostoc sp.***

En la tabla 3, se expone la base de extracción de datos para artículos de investigación enfocados a la actividad farmacológica, donde se muestran datos referentes al tipo de estudio donde la mayor cantidad fue experimental, mientras que solo cuatro fueron observacionales enfocados en estudios con actividades nutricionales, antivirales y antioxidantes referidos a una misma población. Así mismo, se tomó en consideración; el tipo de población, la forma de cómo se llevó

a cabo la preparación de la muestra, la dosis en la que fueron administrados y el efecto farmacológico para la cual se encuentran dirigidos cada indagación científica.

Nº	Procedencia	Estudio	Forma De	Tipo de población	Método de extracción	Dosis/ Concentración	Actividad Farmacológica	Efecto Farmacológico	Referencia	
Nº	Procedencia	Diseño de investigación	Preparación	Método de extracción	Componentes Químicos				Referencia	
1								Actúan frente a		
01	Egipto	Perú	Experimental	Extracto	Método Kjeldahl	Cultivo	100 mg/g	Proteínas (26.03 ± 0.01) -Grasa (0.03%) -Hierro (15.72 ± 2.07 mg/100g) -Calcio (1224.4mg de Ca/100g)	radicales libres neutralizándolos para generar un sistema de defensa al organismo.	(49)
2	España	Perú	Experimental	Extracto	Cianobacterias	Cultivo	0.8 gr caldo nutritivo - 0.4 gr base/100ml agua	Antibiótica	Inhibe o retarda el crecimiento bacteriano.	(50) (34)
3	Brasil		Experimental	Extracto	cianobacterias	Cultivo	1 mg/ml	-Hidratos de carbono (46.9) -Calcio (147 mg)	Inhiben el desarrollo de microorganismos.	(51)
4	Irán		Experimental	Extracto	Microalgas	Fermentación de Gas en Cultivo	5 % CO <sub>2</sub>	-Fosforo (64mg) -Hierro 84.1mg -Sodio 1.021 mg -Potasio 483 mg	Eliminación de radicales libres, que penetran O <sub>2</sub> en las células ocasionando alteraciones en el organismo.	(52)
Nº	Procedencia	Diseño de investigación		Método de extracción	Componentes Químicos				Referencia	

Nº	Procedencia	País	Estudio	Forma de preparación	Nombre de la población	Método de estudio	Dosis/Concentración	Componentes Químicos	Actividad Farmacológica	Efecto Farmacológico	Referencia
03	México	Experimental	Extracto	Cianobacterias	Cultivo	2L en medio/Algal 8Mm NL	-esteárico -gálico -linoléico	Antibacteriana	Cohíben la proliferación bacteriana frente a las células huésped.	(35)	
04	Chile	Experimental					-Extracción y valoración de nitrógeno total (proteínas) -Cromatografía (Ácidos grasos) -Isotomometría de absorción atómica (minerales)	-Proteínas 30% -Lípidos 2.4% -Ácido linoleico 0.082% -Ácido linoleico 0.285% -Acido palmítico 0.155% -Ácido oleico 0.066% -Acido esteárico 0.122 % -Ácido behenico 0.008% -Acido margárico 0.009% -Minerales: sodio, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro y aluminio.		(36)	
6	España	Observación	Extracto	<i>Nostoc sphaericum</i>	N/D	N/D		-Ácido linoleico 0.082% -Acido palmítico 0.155% -Ácido oleico 0.066% -Acido esteárico 0.122 % -Ácido behenico 0.008% -Acido margárico 0.009% -Minerales: sodio, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro y aluminio.	Polisacárido ácido inhiben a VHS-1, citomegalovirus e influenza-A; virus de envoltura a través de la unión del compuesto nostoflan en la célula huésped.	(53)	
7	Malas	España	Experimental	Descriptivo	Fresca-seca	<i>Nostoc sphaericum</i>	Secado convección	100g	-Proteínas 20.9 g -Grasas 1.2g - Hidratos de carbono 55.7g	Antioxidante oxidativa, para capturar radicales libres dañinos del organismo.	(37)
06	Ecuador	Descriptivo			N.D			-Nostoflan		(38)	
Nº	Procedencia	Diseño de investigación		Método de extracción		Componentes Químicos			Referencia		

Nº	Procedencia	Estudio	Forma De preparación	Extracción	Tipo de población	Método de estudio	Dosis Concentración	Composición Farmacológica	Actividad Farmacológica	Efecto Farmacológico	Referencia
8	08 Marrubio	Perú	Observacional	Experimental	Extracto	Nostoc proximalis	2kg	-Proteínas 0.17% -Ácido mirístico 2.28 % -Acido palmítico 15.19 % -Ácido palmitoleico 3.38% -Acido esteárico 1.76% -Ácido oleico 2.67% -Ácido vaccénico 1.58%	Antidoteante	Inhiben la reacción de radicales libres a través de sus compuestos fenólicos y vitamina C presentes.	(40)
9	Kanazawa	Perú	Observacional	Experimental	Extracto	Nostoc sphaericum y Klebsiella para proteíneas	100gr	-Ácido linoleico 3.04% -Ácido α-linolenico 24.32%	Antioxidante	Presencia de polisacáridos extracelulares con capacidad de sintetizar radicales libres perjudiciales.	(41)
10	10 Perú	Estados Unidos	Experimental	Descriptivo	Extracto	Nostoc cianofícea	16,47 gr/40g	-Ácido gálico 1.02% -Ácido p-coumarico 1.02% -Ácido cafeico 1.02% -Ácido ferulico 1.02% -Ácido gallico 1.02% -Ácido p-coumarico 1.02% -Ácido cafeico 1.02% -Ácido ferulico 1.02%	Antioxidante	Inhibir la difusión de las enzimas α-amilasa, α-glucosidasa y la difusión de glucosa.	(42)
10	10 Perú	Estados Unidos	Experimental	Descriptivo	Extracto	Nostoc cianofícea	16,47 gr/40g	-Ácido gálico 1.02% -Ácido p-coumarico 1.02% -Ácido cafeico 1.02% -Ácido ferulico 1.02%	Antioxidante	Inhibir la difusión de las enzimas α-amilasa, α-glucosidasa y la difusión de glucosa.	(42)
11	Chile	Experimental	-Cromatografía gaseosa	(ácidos grasos)	-Acido tetradecanoico -Acido palmítico	(9)					

Nº	Procedencia	Estudio	Forma De preparación	Tipología de población	Método de extracción	Dosis (Concentración)	Componentes Químicos	Actividad Farmacológica	Efecto Farmacológico	Referencia
11	Bolivia	Observacional	Extracto Polvo-Líquido	Nostoc	Medida antropométricas	10g/15g	-Ácido palmítico -Ácido oleico -Ácido alfa-linoleico -Ácido alfa-linolenico -Troxol	Antitumoral	Mayor proporción de energía, hiperactivos, saludables por sus defensas integradas.	(1)
12	Egipto	Experimental	Extracto Acuoso	Cianobacterias-microalga	Cultivo	1ml/5ml	-Minerales: Calcio, hierro -Vitaminas: Vit. E, Vit. C, Vit. A, Vit. D3	Antioxidante, antiinflamatorio, anticancerígeno	Agentes bioeliminadores de radicales libres con presencia de	(58)
12	Japón	Experimental		Kjeldahl (proteínas) -Éter dietílico (lípidos) - α,α- dipiridilo (hierro)			-Proteínas -Lípidos -Carbohidratos -Hierro		apoptógenos capaces de superar la quimioresistencia contra células cancerígenas.	(43)
13	USA	Experimental	Extracto	Nostoc	PCR	100microg/mL		Pro-inflamatoria	Detiene el incremento de ARN de TNF-α y COX-2, al inhibir la activación de la vía NF-kappa regulador de los genes inflamatorios.	(59)
13	Japón	Experimental	Extracto	Fración de bioactividad en cromatografía	Experimento dirigido por		Nostoflan			(44)
<b>Nº</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Diseño de investigación</b>			<b>Método de extracción</b>		<b>Componentes Químicos</b>			<b>Referencia</b>

Nº	Procedencia	Estudio	Forma De preparación	Espora	Método de estudio	Dosis/ Concentración	Actividad Farmacológica	Efecto Farmacológico	Referencia
14	Japonés	Experimental	Extracto	<i>Nostoc flagelliforme</i>	Ratones	3ml/5ml	-1,8-dihidroxi-4-hidroxi-7-metilindan-1-one	Actúa inhibiendo selectivamente la unión del virus del herpes tipo 1, tipo 2	(60)
15	China	Descriptivo		N.D.			-Noscomin -Nostofungicidina -escitonamina reducida -Nostocionona y sus derivados	(HSV-1, HSV-2), citomegalovirus humano y virus de la influenza A (IFV) en las células humanas	(46)
16	Hawái	Descriptivo			Espectros de RMN		-Criptoficina 46		(47)
15	Tokio	Experimental	Extracto	Cianobacterias	HPLC	500mg/10ml	-Criptoficina 176	Actúan disminuyendo la proliferación de queratinocitos causantes de una acción proinflamatoria en el tejido dérmico.	(61)
17	Japón	Descriptivo			Espectrometría de masas		-Microcistina HtyR -Microcistina RR -Microcistina LR		(48)
16	EE.UU	Experimental	Extracto	<i>Nostoc Cyanobium</i> y <i>N. Synechocystis</i>	HPLC	10 mg ml <sup>-1</sup>	Anti envejecimiento	Impide la degradación de la enzima HAase (Ácido Hialurónico), responsable de la proliferación de fibroblastos que mantienen la elasticidad y firmeza de la piel.	(62)

Nº	Procedencia	Estudio	Forma De preparación	Tipo de población	Método de estudio	Dosis/ Concentración	Actividad Farmacológica	Efecto Farmacológico	Referencia
17	Taiwán	Experimental	Extracto	<i>Nostoc</i>	Cromatografía líquida	0,22 µm	cicatrizante	Polisacárido muestral inhibe la IL-6, y la β-hexosaminidasa disminuyendo el cuadro de inflamación, regenerando elasticidad, firmeza y colágeno.	(63)
18	China	Experimental	Extracto	<i>Nostoc commune</i>	Cromatografía de columna	20-100mg/kg	Anti-ulcerosa	Regulariza el ARNm de E-cadherina glicoproteína de reacciones antiinflamatorias y reparador de lesiones en mucosas intestinales	(64)
19	India	Experimental	Extracto	<i>Nostoc muscorum</i>	Reacción ROS	3 mL	Antioxidantes	Acción de enzimas como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa frenan la oxidación de agentes oxidantes.	(65)



<b>Nº</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Estudio</b>	<b>Forma De preparación</b>	<b>Tipo de población</b>	<b>Método de estudio</b>	<b>Dosis/ Concentración</b>	<b>Actividad Farmacológica</b>	<b>Efecto Farmacológico</b>	<b>Referencia</b>
20	Egipto	Experimental	Extracto	<i>Nostoc muscorum</i>	Cultivo	0,1 ml	Antimicrobiano	Muestra actividad antagonista frente a bacterias Gram negativas, Gram positivas y a hongos filamentosos.	(66)

NOTA: Los datos en negro son aquellos que estaban directamente presentados en el texto o tablas del estudio. Los datos en el texto publicado N.D: no disponible y no calculable por los autores.

En la tabla 4, se muestra la base de extracción de datos de artículos indagados referente a la actividad toxicológica, donde se evidencian notas alusivas a los antecedentes, por lo que en un gran porcentaje fueron estudios experimentales, siendo solo uno observacional enfocado en toxicidad infantil. Por consiguiente, se tomó en cuenta la procedencia del tipo de alga, su forma de preparación, clase de cianobacterias, dosis toxica y su actividad nociva que ocasiona el daño toxicológico.

**TABLA 4. BASE DE EXTRACCIÓN DE DATOS PARA ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE ACTIVIDAD TOXICOLÓGICA DE *Nostoc* sp.**

Nº	Procedencia	Estudio	Forma De preparación	Tipo de población	Dosis/ Toxica	Actividad Toxicológica	Efecto Toxicológica	Referencia
1	Serbia	Experimental	Extracto	Cianobacterias terrestres y acuáticas	30 mg	Eco-toxicológicos	Compuesto <i>Nosctoc</i> S8- <i>Nostoc</i> Z1 con carácter lipídico atraen a la enzima CYP <sub>1A1</sub> para inducir su biotransformación.	(67)
2	Serbia	Experimental	Extracto crudos	Cianobacterias	35 - 702 µg/mL <sup>-1</sup>	Hepatotoxicidad	Microcistina compuesto aislado por su potencial toxicidad a nivel hepatocelular humano.	(68)
3	USA	Experimental	Extracto	Algas verdes-azuladas	N/D	Destructor-enzimático	Lipopolisacáridos (LPS) endotoxinas en exceso inhiben a enzimas encargadas de desintoxicación de la GST, GPX, GR, SOD, CAT frente la muestra de un embrión.	(69)

NOTA: Los datos en negro son aquellos que estaban directamente presentados en el texto o tablas del estudio. Los datos en el texto publicado N.D: no disponible y no calculable por los autores.

Nº	Procedencia	Estudio	Forma De preparación	Tipo de población	Dosis/ Toxica	Actividad Toxicológica	Efecto Toxicológica	Referencia
4	EE.UU	Experimental	Extracto acuoso	<i>Nostoc oscillatoria</i> sp	2,5 mg/ml	Toxicidad celular	Sus toxinas destruyen células B del tejido linfoide afiliado al intestino. Retiene aun mínimo nivel la producción de IgM.	(70)
5	Uruguay	Observacional	N/D	Cianotoxinas	N/D	Toxicidad infantil	Presencia de irritabilidad de la mucosa digestiva, hepatotoxicidad, desconcentración mental, bajo nivel de peso.	(71)
6	Canadá	Experimental	Extracto	Alga verde-azulada	0.5 a 21.2 µg/g	Toxicidad celular	Inhibición de la síntesis de proteínas, deformando su estructuración y formación células.	(72)
7	España	Experimental	Extracto	Cianobacterias	100 g/L	Suplementos tóxicos	Genes nocivos que provienen de distintos genotipos de cianotoxinas, a través de metabolismo secundario exponiendo efectos perjudiciales a la salud.	(73)

<b>Nº</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Estudio</b>	<b>Forma De preparación</b>	<b>Tipo de población</b>	<b>Dosis/ Toxica</b>	<b>Actividad Toxicológica</b>	<b>Efecto Toxicológica</b>	<b>Referencia</b>
8	España	Experimental	Extracto	Cianotoxinas	0-100 µg/mL y 0-10 µg/mL	Neurotóxica	Trastorno a nivel periférico o de la función central del SNC por el efecto agonista de receptores (ACh) de las anatoxinas y saxitoxinas.	(74)

## IV. DISCUSIÓN

### Características etnobotánicas

En China desde hace 800 años que se usa *Nostoc* en las diferentes comidas, debido a su alto valor nutritivo (16). En la cocina búlgara nunca se había observado el uso de algas, sin embargo, al consultarles a personas mayores de 60 años, estos proporcionaron información sobre la preparación de una mermelada casera a base de los géneros *Nostoc commune* y *Nostoc verrucosum* (18).

En la parte sierra de Latinoamérica dicho género es muy usado en los platos de la zona desde tiempos ancestrales, y muchos de ellos acompañados con otros alimentos como el chuño. Esto para que pueda ser un plato rico en nutrientes, otra forma de prepararlo para su consumo es siendo lavado para después secarlo al sol para su consumo (19). Alguno de los alimentos que se puede preparar con *Nostoc* son: sopa, picante, locro, chupe, mazamorra, postre, ensalada y refresco (20,21).

También lo usan de forma terapéutica basados en conocimientos ancestrales. *Nostoc* se usa para aliviar hinchazones bajo la forma de emplasto y en el proceso de curación de quemaduras, el talo se aplica de forma directa sobre la cabeza y sobre la planta de los pies para aliviar la fiebre (20 ,31).

La lechuguilla del lago como lo conocen en Sotomayor, Colombia se aplica como parche en la zona afectada por el dolor o hinchazón de diente. El alga de forma fresca se prepara con aceite y sal para ser consumido en grandes cantidades por niños y adultos que sufren de problemas de estreñimiento. En esta misma localidad los pobladores indican que *Nostoc* es un remedio natural que no produce efectos secundarios, más por el contrario produce efectos positivos y preventivos para las personas que sufren los efectos de la intoxicación por metales pesados “limpiando los pulmones” (22).

El ser una cianobacteria nitrogenada le permite ser empleado como abono para fortalecer los diferentes cultivos y suelos, siendo una gran ayuda para los pobladores dedicados a la agricultura (32).

## **Composición bioquímica**

Las cosechas de *Nostoc commune* de los hábitats acuáticos en el norte de Chile, contiene un 2,4% de lípidos totales de los cuales el 30% son ácidos grasos, siendo el ácido poliinsaturado más abundante el linolénico y entre los saturados se encuentra el palmítico. A cerca del contenido iónico obtenido se encuentra el sodio, magnesio, potasio y calcio. Para determinar el nivel de carbohidratos se usó un procedimiento de espectrofotometría (método de la antrona) que permitió confirmar que contiene altos valores entre un 45-50% de la biomasa seca; también se pudo hallar pigmentos fluorescentes (ficocianina, aloficocianina, ficoeritrina) siendo de gran interés en la industria alimenticia y farmacéutica (36).

Parte de los metabolitos bioactivos que este posee, se encuentra el polisacárido sulfatado Nostoflan que está asociado a propiedades antivirales contra influenza, adeno y coxsackie (38). Nostoflan tiene un amplio espectro antivírico contra virus cuyos receptores celulares están compuestos por carbohidratos, como es en el caso de citomegalovirus humano (44).

Contiene un diterpenoide llamado noscomin, pues este posee un efecto antibacteriano, el nostofungidina teniendo efecto anti-fúngico y componentes con propiedades anticancerígenas como escitonemina reducido y nostociona (46).

La criptoficina-46, criptoficina-175 y ciptofocina-176; son tres nuevos componentes que se han identificado en *Nostoc* sp. Cripbtoficina-46 es un efímero de la ciptomicina-3 el cual hasta la fecha viene a ser el único análogo de origen natural que presenta la configuración S en C-10 en la unidad B. Las criptoficinas-175 y -176 también difieren en la unidad B donde 3 es el análogo O-metilo de la criptoficina-45 y 4 es el análogo O-desmetilo de la criptoficina-21(47). Así mismo se aislaron tres hepatotoxinas heptapéptidas cíclicas mediante espectrometría de masas, siendo estas: microcistina RR, microcistina HtyR y microcistina LR (48).

## **Actividad farmacológica**

Cushuro aquella alga cosmopolita considerada como una cianobacterias, comúnmente cultivada como el alimento de los Dioses, por su inexplicable forma de

cultivo, su floración en diversos suelos terrestres y en diferentes tiempos climáticos. Esta bondadosa alga presenta diversas propiedades nutricionales, sin embargo, también se caracteriza por presentar múltiples propiedades farmacológicas, dentro de ellas se encuentra la actividad antioxidante como se evidencia en un estudio experimental realizado en Egipto utilizando microalgas. Esta actividad quedo demostrada al rebelarse la presencia de compuestos polifenólicos, agentes que poseen propiedades antioxidantes con la capacidad de neutralizar radicales libres y frenar la peroxidación lipídica, deteniendo de esta forma la oxidación celular proporcionando un sistema de defensa al organismo (49). Mientras tanto, en Irán se expone otro análisis similar elaborado por fermentación de gases, siendo la concentración de 5% de  $\text{CO}_2$  el óptimo para mostrar el crecimiento frente a la eliminación de radicales libres que penetran al  $\text{O}_2$  de las células que estaban ocasionando alteraciones en el organismo (52). Del mismo modo, la comparación de especies de cianobacterias *Nostoc sphaericum* y *Nostoc commune*, aislados de las aguas de la laguna de Kanazawa. Con tamizajes para luego determinar su actividad por el método de Neutralización de radicales libres con una concentración de 100gr del extracto. Lo cual el análisis de ABTS logró determinar que los polisacáridos extracelulares presentes en *Nostoc sphaericum* muestran mayor actividad antioxidante (56).

Por otro lado, la gracia de esta alga se evidencia con su capacidad de inhibir o retardar el crecimiento bacteriano, demostrado tras un estudio experimental de cultivo a 0.8gr de caldo nutritivo y 0.4gr base/100mL agua, de tal manera, que indica su capacidad de ser antibiótico (50). También la diversidad de metabolitos secundarios nobles que presenta, lo han caracterizado al mostrar capacidad antimicrobiana por medio de muestras de biomasa y cultivo de especies de cianobacterias. Por medio de extracción y llevándose a evaluación con bacterias como; *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosas* y *Candida albicans* con dosis de 1mg/mL, los resultados fueron evidenciaron claramente con la inhibición del crecimiento de E. Coli (51). Del mismo modo, un estudio llevado acabó en Egipto, se ajusta a la misma actividad que muestra cushuro, tras actuar como antagonista de bacterias Gram negativas, Gram positivas, hongos y

filamentos (66). Además, por medio de un análisis por cromatografía del extracto acuoso de *Nostoc commune*, se prueba su actividad anti-ulcerosa tras la regulación del ARNm de la E-cadherina, haciendo que esta importante glicoproteína obtenga óptimas reacciones pro-inflamatorias y reparadoras de la mucosa intestinal (64). Con ello se resuelve la capacidad que posee estas cianobacterias para erradicar el alto grado de resistencia de bacterias que se vienen presentando a causa de las investigaciones futuras que se realizan para crear nuevos medicamentos.

Además, la ardua indagación que se vienen realizando frente al virus covid-19 que viene arrasando con la muerte de muchas personas, la oxiphotobacteria del tipo *Nostoc flageliforme* presentaría una esperanza de vida, puesto que, tras ser experimentada en ratones machos a dosis 3ml/5mL de la muestra, indica que el compuesto Nostoflan presenta la inhibición del virus herpes tipo 1 y 2 (HSV-1, HSV-2), citomegalovirus humano y virus de la influenza A en células humanas. Siendo considerado entonces como un potente antiviral, lo cual, resulta de gran importancia realizar investigaciones a esta alga frente al Sars cov-2 que se viene presentando hoy en día (60).

Mientras que para los pobladores que padecen de psoriasis o problemas de envejecimiento por las marcas de las líneas de expresión tienen una alternativa botánica con el extracto de *Nostoc cyanobium* y *Nostoc synechocystis*, ya que, impiden que se degraden las enzimas HA-ase (ácido hialurónico) caracterizados por la proliferación de fibroblastos encargados de mantener la elasticidad y firmeza de la piel (62). Además, como Antipsoriasisico actúa a una dosis 500mg/10mL para disminuir la proliferación de queratinocitos responsables de la inflamación de la dermis (61).

Si bien se ha podido confirmar la variedad de actividades farmacológicas que posee *Nostoc sp* en sus diferentes géneros. Se observó que son pocos los estudios que indican que compuestos son los responsables de dicha actividad, por lo que se sugiere realizar investigaciones profundas y bien detalladas, lo cual hará que sirvan como soporte a estas mismas.



## Actividad Toxicológica

La fácil adaptación y multiplicación de cianobacterias en terrenos acuáticos o terrestres que se presenta, puede resultar perjudicial en la salud de la población, puesto que, Serbia es uno de los países en que se ha evidenciado efectos ecotoxicológicos a través de un estudio experimental, donde se extrae cepas terrestres de *Nostoc S8* y acuáticos *Nostoc Z1* con la capacidad de incitar a la enzima CYP1A1 en su biotransformación, generando interacciones sobre el ADN celular, esto conllevaría a mutaciones en los genes, la cual, podría desencadenar en un determinado tiempo en cáncer celular (67).

Por otro lado, *Nostoc sp* en sus floraciones de agua dulce presenta alto grado de hepatotoxicidad demostrado por medio del extracto crudo en  $35-702 \text{ ug/mL}^{-1}$  de esta alga en un ensayo de inhibición de proteína fosfatasa y prueba de ELISA, lo cual determino cuatro toxinas como; *Oscillatoria K3*, *Nostoc LC1B*, *Nostoc S8* y *Microcystis*. Siendo este último el más potente y nociva en la destrucción hepatocelular (68).

Estas algas verdes y azuladas características en los ríos de Brasilia presentan un riesgo poblacional, por sus variedades de metabolitos secundarios dañinos verificados por medio de análisis, donde se observa que los lipopolisacáridos cianobacterianos se encargan de inhibir a enzimas glutatión-S-transferasa (GST), glutatión peroxidasa (GPx) / glutatión reductasa (GR), superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT), que son responsables de la desintoxicación celular ante un agente tóxico, por lo tanto la salud se encuentra suceptibilidad a daños perjudiciales (69). Otro estudio similar de muestra que la especie de cianobacterias *Oscillatoria sp* tiene en su interior toxinas como lipopolisacáridos (LPS), de tal manera, que fueron evidenciados tras un estudio en cuarenta ratones hembras y machos con una dosis del extracto acuoso de  $2,5 \text{ mg/mL}$ , dado que los resultados indicaron que las toxinas (LPS), se asociaban al tejido linfóide del intestino para destruir las células B, de tal modo que deja susceptibles al organismo frente a invasores patógenos para los pobladores de Madrid que consumen esta alga (70).

Sin embargo, otro análisis de tipo observacional demuestra que estas oxiphotobacterias son empleados como suplementos alimenticios por su variedad de nutrientes que posee, sin embargo, en el lago de uno de los pueblos de Uruguay se observó que un grupo de niños que se encontraban jugando alrededor del lago, se habían intoxicado tras la ingesta de las cianotoxinas que se encontraban en las aguas contaminadas con otros desechos más, los menores presentaban signos de irritación de la mucosa digestiva y de la piel, daños hepáticos, alergias. Estas evidencias quedan sin ser resueltas en un gran porcentaje, puesto que el lago se encontraba contaminado, lo cual se exige una exhaustiva investigación, y a las personas llevar un control sobre la limpieza del lago (71).

Por último, un análisis muestra un caso en particular acerca de la neurotoxicidad, evidenciados tras la preparación del extracto de las cianobacterias en 4mg/mL de solución madre, aunque para la evaluación del grado de toxicidad se extrajo 0-10ug/mL para ser inoculados en placas Petri con 96 pocillos. Donde se logra determinar a la anatoxina y la saxitoxina como componentes nocivos aislados capaces de aumentar su activación en los receptores nicotínicos de acetilcolina (AChE), lo cual, genera una despolarización de la membrana, ocasionando la invasión o flujo constante de los iones  $Na^{+1}$ , por consecuente altos daños neuronales en los pobladores (74).

Ante la escasa información, se incita a realizar más estudios enfocados a esta actividad toxicológica, puesto que el consumo de esta alga se viene presentando con mayor fuerza en los pueblos con baja economía, de tal manera, que su desconocimiento nocivo podría causarles problemas económicos como saludables.

## CONCLUSIONES

- La presente revisión está basada en sesenta y dos artículos, considerando aspectos en base a características etnobotánicas, composición fitoquímica, actividad farmacológica y actividad toxicológica de la oxiphotobacteria *Nostoc sp.*
- La búsqueda de artículos relacionados a características etnobotánicas, está representado por diecisiete artículos, en la cual, se aprecia el uso que se le da

en diferentes lugares, siendo la mayoría usado por recetas de sopas, segundos, ensaladas y jugos desde épocas ancestrales. De igual forma los pobladores lo usan para curar o prevenir dolencias producidos por el estreñimiento, hinchazón, dolor de diente y como antipirético. El uso que se le atribuye a esta alga es notorio en países de Latinoamérica entre ellos la sierra del Perú.

- Se han llevado a cabo diversos estudios para determinar la composición bioquímica de *Nostoc sp.* Por lo cual, se ha considerado en esta revisión sistemática diecisiete artículos, donde indican la presencia de diversos compuestos como; ácidos grasos y ácido linolénicos, siendo los más notorios y abundantes en la mayoría de investigaciones. Así mismo, se identificó al compuesto nostoflan con alta actividad frente a virus. Otros de los compuestos fueron; noscomin, nostofungicidina, escitonemina reducido y nostociana, todos de gran interés farmacológico.
- La diversidad de análisis enfocados a la actividad farmacológica está caracterizada por veinte artículos frente al estudio de esta revisión sistemática, en la cual, muestran la actividad antioxidante por su capacidad de neutralizar radicales libres de daños al organismo. También se demostró capacidad antimicrobiana frente a diversas bacterias resistentes, como la inhibición de crecimiento de *Escherichia coli*. Por otro lado, se muestra que *Nostoc* es capaz de inhibir diversos virus. Indicativo para ser objeto de estudio ante el virus Sars cov-2 al que se viene batallando a nivel mundial. Del mismo modo, actúa frente a problemas de psoriasis y envejecimiento, porque retienen la degradación del ácido hialurónico y reprimen la inflamación de la dermis, mostrando firmeza y elasticidad a la piel. Por ende, se hace redundancia en que se debe continuar realizando investigaciones más intensas en base a que compuestos hacen que se desarrollen dichas actividades.
- Finalmente, diversos estudios dirigidos a la actividad toxicológica, están ubicadas en 8 artículos para el análisis de esta revisión sistemática, indicando la ecotoxicidad de cianobacterias terrestres y acuáticas de compuestos *Nostoc S8- Nostoc Z1* con capacidad de atraer enzimas CYP1A1, para frenar su

biotransformación y causar daño celular, hasta cáncer. Por consiguiente, las aguas dulces de lagos muestran grados de hepatotoxicidad por el compuesto aislado *Microcystis* más potente y tóxico que genera destrucción hepatocelular. Mientras que la especie de cianobacterias *oscillatoriasp*, presenta en su interior compuestos nocivos que se asocian al tejido linfoide del intestino para destruir células B, ocasionando daños a la salud. Por último, el estudio de las algas en placas Petri, determino la existencia de anatoxina y saxitoxina componentes que generan despolarización de la membrana celular, causando daños neuronales a las personas. De tal modo, que se requiere realizar más estudios en base a lo nocivo que puede llegar a ser esta alga.

## RECOMENDACIONES

- Se le sugiere a nuestra institución educativa que siga con el apoyo incondicional a sus estudiantes con las arduas búsquedas enfocados a nuevas investigaciones de problemáticas actuales que servirán de gran apoyo a futuros estudios.
- Así mismo, se le encomienda seguir con más indagaciones enfocados a revisiones sistemáticas, puesto que ello, permitirá precisar la diferencia con otras plazas de grados que a diario se vienen desarrollando, de tal manera que nos permitirá cooperar con estudios científicos.
- Se recomienda organizar la información recolectada en tablas para así obtener datos ordenados y fáciles de entender, así mismo estos ayudaran a no extraviarse información relevante para la investigación, el mismo que nos va a facilitar al momento de realizar los resultados y discusión del estudio.
- Es importante seguir el procedimiento establecido en el flujograma de la investigación, la correcta aplicación nos va permitir obtener artículos ideales e indicados para nuestros resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Morales E, Achá M, Villarroel L. En busca de alternativas de alimentación frente al cambio climático: estudio preliminar del impacto nutricional del *Nostoc* en estudiantes de primaria de la comunidad de Putucuni, Cordillera del Tunari, Quillacollo, Cochabamba-Bolivia. Rev. *Acta Nova*. 2017. 8(2), 205-215.
2. Ponce E. *Nostoc*: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. Rev. *Idesia*, 2014; 32(2): 115-118. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000200015>
3. Galetovic A, Araya J, Gómez S. Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina *Nostoc* sp. LlaytaBiochemical composition and toxicity of edible colonies of the cyanobacterium *Nostoc* sp. Llayta. Rev. chil. nutr. 2017; 44 (4): 360-370.
4. Roldan W. Caracterización y Cuantificación del Comportamiento Reológico del Hidrocoloide proveniente del *Nostoc* (*Nostoc sphaericum* v.). [Tesis de grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2015. 93p.
5. Almanza V, Parra O, Bicudo C, *et al.* Guía Para el Estudio de Cianobacterias en el sistema la cumbre del Gran Concepción: aspectos taxonómicos, ecológicos, toxicológicos y de control-vigilancia. Rev. EULA-CHILE Centro de Ciencias Ambientales. 2016; 4(1): 11-100.
6. Dembitsky VM, Řezanka T. Metabolitos producidos por especies de *Nostoc* fijadoras de nitrógeno. *Folia Microbiológica*. 2005; 50(5): 363–391. doi: 10.1007 / bf02931419
7. Dodds W.K., Gudder D.A., Mollenhauer D.: The ecology of *Nostoc*. *J. Phycol.* 1995; 31, 2–18.
8. Borowitzka MA. Biología de las microalgas. Las microalgas en la salud y la prevención de enfermedades. 1ra ed. Levine I, Fleurence J. editores. 2018. doi: 10.1016 / b978-0-12-811405-6.00003-7

9. Galetovic A, Araya J, Gómez B. Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina *Nostoc* sp. Llayta. Rev. Chil. Nutr. 2017; 44(4): 360-370. doi.org/10.4067/s0717-75182017000400360.
10. Chili R, Terrazas I. Evaluación de la cinética de secado y valor biológico de cushuro (*Nostoc sphaericum*) [tesis de titulación]. [Puno (PE)]: Universidad Nacional del Altiplano; 2010. 148p.
11. Nowruzi B, Khavari R, Sivonen K, Kazeni B, Najafi F, et al. Identificación y potencial toxigénico de *Nostoc* sp. ALGAS. 2012; 27 (4): 303-313. doi: <https://doi.org/10.4490/algae.2012.27.4.303>
12. Leiva C, Sulluchuco P. Evaluación de la aceptabilidad del cushuro (*Nostoc sphaericum*) en preparaciones culinarias saladas y dulces, por estudiantes universitarios, Lima – 2018 [Tesis de título profesional]. [Lima-Perú]: Universidad Peruana Unión; 2018.117p
13. Sosa C. Calidad nutricional y la aceptabilidad del producto obtenido por deshidratación osmótica del *Nostoc sphaericum* (cushuro) [Tesis de pregrado]. [Lima-Perú]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2021.51p
14. Tafur I, Obregón E. Gomitas funcionales de cushuro (*Nostoc commune*) enriquecida con aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) y Spirulina (*Arthrospira platensis*), con sabor a frutas [Tesis para optar el título profesional de licenciado en bromatología y nutrición]. [Huacho-Perú]: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión ;2019.73p
15. Uhliaríková' I, Šutovská M, Barboríková J, Molitorisová M, JinKim H, et al. Características estructurales y efectos biológicos del exopolisacárido producido por la cianobacteria *Nostoc* sp. Revista internacional de macromoléculas biológicas. 2020; 160(1): 364-371. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.135>
16. Yasin D, Zafaryab Md, Ansari A, Ahmad N, Fatima N, et al. Evaluación de la eficacia antioxidante y antiproliferativa de *Nostoc muscorum* NCCU-442. Biocatalisis y biotecnología agrícola. 2019; 17(1): 284-293. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.12.001>

17. Gao K. Estudios chinos sobre el alga verde azulada comestible, *Nostoc flagelliforme*: una revisión. *Journal of Applied Phycology*, 1998; 10 (1), 37–49. Doi: 10.1023 / a: 1008014424247
18. Asami Y, Zenno M, Mikami K, Osuga H, Setoyama R, et al. Características mecánicas de los fideos de trigo sarraceno hechos con alga azul verdosa, ishi-kurage (*Nostoc commune* Vauch). *Fagopyrum*, 2020; 37(2):29-36. Doi: <https://doi.org/10.3986/fag0016>
19. Stoyneva MP, Uzunov BA, Dimitrova P. Algas gelatinosas y hongos utilizados como alimento en Bulgaria. *Acta Scientific Nutrition al Health*, 2017; 1(1), 51-54.
20. Villagran C, Romo M, Castro V. Etnobotánica del sur de los andes de la región de Chile: un enlace entre las culturas altiplánicas y las de quebradas altas del LOA superior. *Revista de Antropología Chilena*, 2003; 35(1): 73-124.
21. Lobato C, Arenas P, Mateo L. Etnoficología mexicana: Perspectivas y desafíos. *Ethnoscienti*, 2018; 3(1): 1- 16. DOI 10.22276/ethnoscientia.v3i0.114.
22. Pérez J. Microalgas: del alimento básico a la cocina de vanguardia. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2020; 100221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100221>
23. Castro L. Guachalla I. Introducción de llulucha´ y su adopción en la comunidad de Sotomayor para remediación natural de la intoxicación por metales pesados. *Ciencia Tecnológicas y Agrarias*, 2014(1): 28-42.
24. Collahuazo Y, Araujo S. Producción de biofertilizantes a partir de microalgas. *CEDAMAZ*, 2019; 9(2): 81-87.
25. Juan I, Victorino T, Liduvina Q. Estudio cualitativo del fitoplancton de la Laguna Altoandina Paucarani-Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, 1997; 1(1): 106-112.
26. Carhuapoma D, Valencia N, Mayhua P, Sánchez A. Niveles de harina de algas "*Nostoc commune*" en el incremento de peso vivo en cuyes (*Cavia porcellus*) destetados. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 2015; 9(2):1-6 doi:10.5209/rev\_rccv. 2015.v9. n2.49588.

27. Ruiz M. Importancia de las Cyanophytas. Revista Perspectiva, 2019; 20 (2): 240-244. DOI: <https://doi.org/10.33198/rp.v20i2.00036>
28. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. Aplicaciones comerciales de microalgas. Revista de biociencia y bioingeniería, 2006; 101 (2):87–96. Doi: 10.1263 / jbb.101.87
29. Rivera M, Galetovic A, Licuime R, Gómez B. Un enfoque microetnográfico y etnobotánico del consumo de Llayta entre las practicas alimentarias de los Andes. Alimentos, 2018; 7(12): 1-10. Doi: <https://doi.org/10.3390/foods7120202>
30. Johnson H, King S, Banack S, Webster C, Callanaupa W, et al. Las cianobacterias (*Nostoc commune*) utilizadas como alimento en el altiplano peruano producen el aminoácido neurotóxico BMAA. Revista de etnofarmacología, 2008; 118(1): 159-165. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.04.008>.
31. Agelet A, Vallès J. Estudios de etnobotánica farmacéutica en la comarca del Pallars (Pirineos, Cataluña, Península Ibérica). Parte III. Usos medicinales de plantas no vasculares. Revista de etnofarmacología, 2003; 84 (2-3): 229-234. Doi: 10.1016 / s0378-8741 (02) 00320-3
32. Ördög V, Stirk W, Takács G, Póthe P, Illés A, et al. Efectos bioestimulantes de plantas de la cianobacteria *Nostoc piscinale* sobre maíz (*Zea mays* L.) en experimentos de campo. Revista Sudafricana de Botánica, 2021; 140(1): 153-160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.026>
33. Alegre R, Ojeda M, Acuña A. Análisis proximal y contenido de hierro y calcio de *Nostoc sphaericum* “cushuro” deshidratado procedente de la laguna de Conococha, Catac- Huaraz. UCV-Scientia, 2020; 12(2): 137-149. DOI: <https://doi.org/10.18050/ucvs.v.12i2.2607>
34. Jurado B, Fuertes CM, Tomas G, Ramos E, Arroyo J, et al. Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos del *Nostoc commune* y *Nostoc sphaericum*. Revista Peruana de Ingeniería Química, 2014; 17(1): 15-22.



35. Gonzales L. Determinación de ácidos grasos en una nueva especie de alga del genero *Nostoc*. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, 1996; 12(1): 57-62.
36. Gómez B, Mendizabal C, Tapia I, Olivares H. Microalgas del norte de Chile. IV. Composición química de *Nostoc commune* (Llaita). Investigación Científica Tecnológica, 1994; 3(1): 19-25.
37. Ródenas P. Las algas en la dieta. Natura Medicatrix, 2003;21(5).286-292.
38. Llopiz A. Compuestos bioactivos aislados de cianobacterias y microalgas: propiedades y aplicaciones potenciales en la biomedicina. Bionatura, 2016; 1(2): 79-87. DOI: 10.21931/RB/2016.01.02.8.
39. Banker R, Carmeli S. Tenuociclámidas A-D, hexapéptidos cíclicos de la cianobacteria *Nostoc spongiaeforme* var. tenue. Revista de productos naturales, 1998; 61(10): 1248-1251. DOI: 10.1021/np980138j.
40. Nunez J, Mendoza A. Composición de Ácidos grasos y efecto nutricional en ratas de cushuro (*Nostoc sphaericum* vaucher). Farmacología en línea, 2006; 3:676-682.
41. Anaya B, Hermoza E. Algas para mejorar la calidad nutritiva de los productos cárnicos. Apuntes ciencias, 2014; 4(2): 272- 279. DOI:<http://dxdoi.org/10.18259/acs.2014032>.
42. Metting B, Pyne J. Compuestos biológicamente activos de microalgas. Tecnología enzimática y microbiana, 1986; 8(7): 386- 394.
43. Hori K, Ueno-Mohri T, Okita T, Ishibashi G. Composición química, digestibilidad de proteínas in vitro y hierro disponible in vitro del alga verde azulado, comuna de *Nostoc*. Plant Foods for Human Nutrition, 1990; 40 (3): 223–229. DOI: 10.1007 / bf01104146.
44. Kanekiyo K, Lee J, Hayashi K, Takenaka H, Hayakawa Y, et al. Aislamiento de un polisacárido antiviral, Nostoflan, de una cianobacteria terrestre *Nostoc flagelliforme*. Journal of Natural Products, 2005;68 (7):1037-1041. DOI: 10.1021 / np050056c.

45. Jaki B, Heilmann J, Sticher O. Nuevos metabolitos antibacterianos de Cyanobacterium *Nostoc commune* (EAWAG 122b). Revista de productos naturales, 2000;63 (9): 1283-1285. DOI: 10.1021 / np000033s
46. Li Z, Guo M. Eficacia saludable de *Nostoc commune* Vaucher. Oncotarget, 2017; 9 (18): 14669-14679. DOI: 10.18632 / oncotarget.23620
47. Subbaraju G, Golakoti T, Patterson G, Moore R. Tres nuevas criptoficinas de Nostocsp. GSV 224. Journal of Natural Products, 1997; 60 (3):302-305. DOI: 10.1021 / np960700a
48. Beattie K, Kaya K, Sano T, Codd G. Tres microcistinas que contienen deshidrobutirina de Nostoc. Fitoquímica, 1998; 47 (7): 1289-1292. DOI: 10.1016 / s0031-9422 (97) 00769-3
49. Badr O, *et al.* Antioxidant activity and phycoremediation ability of four cyanobacterial isolates obtained from a stressed aquatic system. Mol Phylogenet Evol. 2019 May; 134:300-310. Doi: 10.1016/j.ympev.2019.01.018.
50. Iglesias M, *et al.* NMR characterization and evaluation of antibacterial and antibiofilm activity of organic extracts from stationary phase batch cultures of five marine microalgae (*Dunaliella* sp., *D. salina*, *Chaetoceros calcitrans*, *C. gracilis* and *Tisochrysis lutea*). Phytochemistry. 2019 Aug; 164:192-205. Doi: 10.1016/j.phytochem.2019.05.001.
51. Silva M, *et al.* Natural products from cyanobacteria with antimicrobial and antitumor activity. Curr Pharm Biotechnol. 2013;14(9):820-8. Doi: 10.2174/1389201014666131227114846.
52. Hamidi M, *et al.* Bacteria versus Microalgae: ¿Who Is the Best for Biotechnological Production of Bioactive Compounds with Antioxidant Properties and Other Biological Applications? Mar Drugs. 2019 Dec 29;18(1):28. doi: 10.3390/md18010028.
53. Sangtani R, *et al.* Potencial de metabolitos de algas para el desarrollo de terapias antivirales de amplio espectro: posibles implicaciones en la terapia COVID-19. Rev. Phytother Res. 2020; 18:10.1002/ptr.6948. Doi: 10.1002/ptr.6948.

54. Zakaria S, *et al.* Technology for Extraction of Phenolic Compounds from *Chlorella* sp. Microalgae and Assessment on Its Antioxidant Activity. *Molecules*. 2017 Jul 3;22(7):1105. Doi: 10.3390/molecules22071105.
55. Maadane A, *et al.* Antioxidant activity of some Moroccan marine microalgae: Pufa profiles, carotenoids and phenolic content. *J Biotechnol*. 2015 Dec 10; 215:13-9. doi: 10.1016/j.jbiotec.2015.06.400. Epub 2015 Jun 22. PMID: 26113214.
56. Inoue K, *et al.* Characterization of extracellular matrix components from the desiccation-tolerant cyanobacterium *Nostoc commune*. *J Gen Appl Microbiol*. 2018 Mar 27;64(1):15-25. Doi: 10.2323/jgam.2017.03.001.
57. Inocente M, *et al.* Actividad hipoglucemiante in vitro de los polisacáridos digeridos de *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault (cushuro). *Rev. Horiz. Med.* 2019; 19(1): 26-31. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-558X2019000100005&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2019000100005&lng=es).
58. Senousy H, Abd E, Ali S. Evaluación del potencial antioxidante y anticancerígeno de diferentes cepas aisladas de cianobacterias y micro algas del suelo y la agricultura drenan el agua. *Rev. Environ Sci Pollut Res Int*. 2020; 27(15):18463-18474. Doi: 10.1007/s11356-020-08332-z.
59. Park Y, *et al.* Represión de la expresión génica pro inflamatoria por extracto lipídico de *Nostoc commune* var *sphaeroides* Kützing, un alga azul-verde, mediante inhibición del factor nuclear-kappaB en macrófagos RAW 264.7. *Rev. Nutr Res*. 2008; 28(2):83-91. Doi: 10.1016/j.nutres.2007.11.008.
60. Kanekiyo K, *et al.* Estructura y actividad antiviral de un polisacárido ácido de un alga azul-verde comestible, *Nostoc flagelliforme*. *Rev. Yakugaku Zasshi*. 2008; 128(5):725-31. Japonés. Doi: 10.1248/yakushi.128.725.
61. Lopes G, Clarinha D, Vasconcelos V. Carotenoids from Cyanobacteria: A Biotechnological Approach for the Topical Treatment of Psoriasis. *Microorganisms*. 2020; 8(2):302. doi: 10.3390/microorganisms8020302. PMID: 32098255; PMCID: PMC7074968.

62. Morone J, Lopes G, Preto M, Vasconcelos V, Martins R. Exploitation of Filamentous and Picoplanktonic Cyanobacteria for Cosmetic Applications: Potential to Improve Skin Structure and Preserve Dermal Matrix Components. *Mar Drugs*. 2020; 18(9):486. Doi: 10.3390/md18090486.
63. Chung-Chih T, *et al.* An in vitro study shows the potential of *Nostoc commune* (Cyanobacteria) polysaccharides extract for wound-healing and anti-allergic use in the cosmetics industry. *Rev. Journal of Functional Foods*, Volume 87,2021; 104754: 1756-4646. Doi.org/10.1016/j.jff.2021.104754.
64. Xiaotian X, *et al.* New discovery of anti-ulcerative colitis active ingredients of *Nostoc commune*: p-Hydroxy benzaldehyde. *Rev. Journal of Functional Foods*. 2021; 104327: 1756-4646. Doi.org/10.1016/j.jff.2020.104327.
65. Rabbul A, Mayashree B. Analyzing dose dependency of antioxidant defense system in the cyanobacterium *Nostoc muscorum* Meg 1 chronically exposed to Cd<sup>+2</sup>. *Rev. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2021; 108950:1532-0456. Doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108950.
66. Mostafa S, Mohamed O, Mohamed A. Production and characterization of antimicrobial active substance from the cyanobacterium *Nostoc muscorum*. *Rev. Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2006; 21(1) 42-50. Doi.org/10.1016/j.etap.2005.06.006.
67. Marić, P, *et al.* Perfil ecotoxicológico de cepas de cianobacterias seleccionadas mediante análisis dirigidos al efecto multi-endpoint. *Rev. Ecotoxicología*.2020; (29): 535–550. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02201-8>
68. Blagojević D, *et al.* Evaluation of cyanobacterial toxicity using different biotests and protein phosphatase inhibition assay. *Rev. Environ Sci Pollut Res Int*. 2021;28(35):49220-49231. Doi: 10.1007/s11356-021-14110-2.
69. Jaja-Chimedza A, *et al.* Efectos de los lipopolisacáridos cianobacterianos de microcystis en las vías de desintoxicación a base de glutatión en el embrión de pez cebra (*Danio rerio*). *Rev. Toxinas (Basilea)*. 2012;4(6):390-404. doi:10.3390/toxinas4060390

70. Swanson M, *et al.* "Efectos de la cianobacteria *N. Oscillatoria sp.* lipopolisacárido en la activación de células B y la señalización del receptor 4 tipo Toll". *Rev. Cartas toxicológicas.* 2017;2(5): 101-107. Doi: 10.1016/j.toxlet.2017.05.013
71. Juanena C, Negrin A, Laborde A. Cianobacterias en las playas: riesgos toxicológicos y vulnerabilidad infantil. *Rev. Méd. Urug.* 202; 36(3):157-182. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-03902020000300157&lng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-03902020000300157&lng=es).
72. Lachapelle R, *et al.* Detection of Cyanotoxins in Algae Dietary Supplements. *Toxins (Basel).* 2017 Feb 25;9(3):76. Doi: 10.3390/toxins9030076.
73. Sánchez E, *et al.* Are Cyanotoxins the Only Toxic Compound Potentially Present in Microalgae Supplements? Results from a Study of Ecological and Non-Ecological Products. *Toxins (Basel).* 2020 Aug 28;12(9):552. Doi: 10.3390/toxins12090552.
74. Cagide E, *et al.* Hapalindoles from the cyanobacterium *fischerella*: potential sodium channel modulators. *Chem Res Toxicol.* 2014 Oct 20;27(10):1696-706. Doi: 10.1021/tx500188a. Epub 2014 Oct 6.

## ANEXOS

### Anexo A. Operacionalización de la variable

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES
Etnobotánica	Es una ciencia que estudia la relación entre los hombres y las plantas. El rol que las plantas cumplen en los grupos humanos, éstas se han usado con fines terapéuticos, místicos y alimenticios.	Distribución geográfica	Nacional e internacional.
		Clasificación botánica	Género, especies y variedades.
		Usos medicinales	Diversos
Composición bioquímica	Son aquellos compuestos presentes en la especie en diversas cantidades	Cualitativa	Clase química
		Cuantitativa	Clase química y compuestos aislados.

Actividad farmacológica	Son los impactos benéficos o adversos de una droga sobre el individuo.	Antimicrobianos	Agente que mata microorganismo o detiene su crecimiento.
		Anticancerígenos	Retraso o prevención de la aparición de cáncer.
		Antioxidante	Compuestos químicos que interaccionan con los radicales libres y los neutralizan, lo que les impide causar daño.
		Antiviral	Sustancia que se utiliza para el tratamiento de infecciones causadas por virus.
Toxicidad	Es la funcionalidad de una sustancia química de generar impactos perjudiciales sobre los seres vivos, tejidos o células.	Toxicidad sistémica	Agravio en los principales órganos humanos
		Toxicidad local	Desperfecto del compuesto en algún tejido dérmico, cavidad o mucosa del cuerpo humano.

**Anexo B. Instrumento de recolección de datos**  
**Algoritmo de Búsqueda de Información**

